



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Antti Hautamaa

PIENJÄNNITEKOJEISTON RUNGON KOKOONPANO-OHJE

Tekniikka ja liikenne
2015

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Antti Hautamaa
Opinnäytetyön nimi	Pienjännitekojeiston rungon kokoonpano-ohje
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	59
Ohjaaja	Timo Männistö

Opinnäytetyö tehtiin ABB Oy Low Voltage Systemsin Vaasan kojeistotehtaalle keskusten kokoonpanon ja työntekijöiden perehdyttämisen nopeuttamiseksi ja helpottamiseksi. Tarkoituksena oli tehdä kokoonpano-ohje, joka kattaa kojeiston rungon ja kiskotusten asennukset poislukien katkaisijan asennukset ja katkaisijakiskotukset. Kokoonpano-ohjeen tuli olla yleispätevä, kuvallinen ja helposti seurattava asennusohje, eikä yksittäisen komponentin asennusohje.

Työ tehtiin kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa pohdittiin mikä on kyseinen ongelma ja alkutilanne. Toisessa vaiheessa pohdittiin mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja, mietittiin ohjeen runko ja valittiin paras vaihtoehto. Kolmannessa vaiheessa valmistettiin kokoonpano-ohje kriteereiden mukaisesti.

Työssä käsitellään pienjännitekojeiston rungon rakennetta ja kokoonpanon eri työvaiheita.

Lopputuloksena on kokoonpano-ohje viidelle eri työpisteelle sekä paperisena että powerpoint-versiona.

ABSTRACT

Author	Antti Hautamaa
Title	Frame Assembly Instructions for Low Voltage Switchgear
Year	2015
Language	Finnish
Pages	59
Name of Supervisor	Timo Männistö

This thesis was written for ABB Oy Low Voltage Systems and the purpose was to familiarize new workers with low voltage switchgear faster and easier. The aim was to make assembly instructions for the frame of the low voltage switchgear, which includes the frame and busbars, without circuit breakers. The assembly instructions are universally applicable with pictures and they are easy to follow.

This thesis was done in three phases. The first phase was to consider what is the starting point and possible problems. The second phase included possible solutions, structure of the assembly instructions and choosing the best one. In the third phase the assembly instructions were made according to criteria.

This thesis includes the structure of the frame and the assembly steps of the low voltage switchgear.

LYHENTEET

I_n = Nimellisvirta

I_{cw} = Terminen nimelliskestovirta

I_{pk} = Dynaaminen nimelliskestovirta

I_{cc} = Ehdollinen nimellisoikosulkuvirta

IP = International Protection tai Ingress Protection

LVS = Low Voltage Systems

MNS = Modulaarinen pienjännitekojeistojärjestelmä

1kV-ohje = 1-kV-ohje, osastokohtainen asennusohjeistus

Q/kVar = Loisteho

Tukes = Turvallisuus- ja kemikaalivirasto

U_e = Nimellisjännite

U_i = Nimelliseristysjännite

U_{imp} = Nimellinen syöksykestojaännite

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. ABB, organisaatio /1/	s.12
Kuvio 2. Pienjännitekojeisto /3/	s.14
Kuvio 3. Osastointi /3/	s.15
Kuvio 4. Ilmakatkaisija	s.16
Kuvio 5. Kiinteä lähtö /4/	s.17
Kuvio 6. Ulosvedettävä W-lähtö /4/	s.18
Kuvio 7. Ulosvedettävä R-tyypin lähtö /3/	s.18
Kuvio 8. Tukieristin	s.43
Kuvio 9. Pystykiskot	s.44
Kuvio 10. Lattia ja kattokehikko	s.45
Kuvio 11. Runkomoduli	s.46
Kuvio 12. Kokoojakiskot	s.48
Kuvio 13. Tehtaan layout	s.50
Kuvio 14. Rungon valmistuksen layout	s.51
Kuvio 15. Esimerkki ohjeesta — tukieristimien tukiväli	s.53
Kuvio 16. Esimerkki ohjeesta, lattiat ja katot	s.53
Taulukko 1. Standardit ja koestukset /5/	s.19
Taulukko 2. Tekniset arvot /5/	s.19
Taulukko 3. Tekniset mitat /5/	s.20
Taulukko 4. Standardisarja /16/	s.23

Taulukko 5. Eristyksen kestoajännitteet, syöksy, käyttötaajuisessa ja tasajännitteissä /11/	s.25
Taulukko 6. Kertoimen n standardiarvot /11/	s.26
Taulukko 7. Vähimmäisilmavälit /11/	s.29
Taulukko 8. Pienimmät pintavälit /11/	s.30
Taulukko 9. IP-koodin muodostaminen /11/	s.32
Taulukko 10. Kotelointiluokan ensimmäinen tunnusnumero /17/	s.33
Taulukko 11. Kotelointiluokan toinen tunnusnumero /17/	s.34
Taulukko 12. Kotelointiluokan lisäkirjain /17/	s.34
Taulukko 13. Kotelointiluokan täydennyskirjain /17/	s.35
Taulukko 14. Kiristysmomentit	s.47

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	ii
ABSTRACT	iii
LYHENTEET	iv
KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO	v
1 JOHDANTO	9
1.1 Aihe ja taustaa	9
1.2 Tavoitteet	9
2 YRITYSESITTELY	11
2.1 ABB Oy	11
2.2 ABB Oy Low Voltage Systems	12
3 MNS -PIENJÄNNITEKOJEISTO	13
3.1 Yleistä	13
3.2 Sovellukset ja tekniset tiedot	14
3.3 Modulaarisuus	15
4 STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET	21
4.1 Sähköturvallisuuslaki	21
4.2 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä	21
4.3 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkötöiden turvallisuudesta	22
4.4 Standardit	23
4.4.1 Tyypitestattujen keskusten vaatimukset (SFS-EN 60439-1)	24
4.5 Asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet	28
4.6 Suunnittelu ja rakenne	28
4.6.1 Mekaaninen rakenne	28
4.6.2 Ilma- ja pintavälit sekä erotusväli	29
4.7 Kotelointi ja kotelointiluokka	31

4.7.1 Kotelointiluokka.....	33
4.7.2 Ulosvedettävien osien kotelointiluokka (SFS-EN 61439-2).....	35
4.7.3 Kosketussuojaus.....	35
4.8 Oikosulkusuojaus ja oikosulunkestävyys.....	36
4.8.1 Oikosulunkestävyyttä koskevat tiedot.....	36
4.8.2 Keskuksen sisäiset virtapiirit	37
4.9 Keskuksen kiskojen ja johtimien sähköiset liitännät	37
4.9.1 Kiskojen ja eristettyjen johtimien mitoitus	38
5 KOKOONPANOPROSESSI	39
5.1 Yleistä	39
5.2 Kojeiston rungon kokoonpano	42
5.2.1 Työpiste 1, tukieristimien valmistus	42
5.2.2 Työpiste 2, pystykiskojen valmistus	43
5.2.3 Työpiste 3, lattia- ja kattokokehikoiden valmistus	44
5.2.4 Työpiste 4, runkomoduulin asennus	45
5.2.5 Työpiste 5, runkomoduulien yhteen asennus ja kiskotus.....	47
6 NYKYTILANNE JA UUSI OHJEISTUS	52
7 PROJEKTIN KULKU	55
8 YHTEENVETO	57
LÄHTEET.....	58

1 JOHDANTO

1.1 Aihe ja taustaa

Työn tarkoituksena on tehdä ABB Oy Low Voltage Systemsin Vaasan kojeisto-tehtaalle kokoonpano-ohje, joka käsittää pienjännitekojeiston rungon valmistuk-sen ja siihen liittyvät kiskotukset. Kojeiston katkaisijoita ja katkaisijoiden kisko-tuksia ei tähän ohjeeseen otettu mukaan.

Ohje tulee asentajien käyttöön ja toimii kokoonpanon tukena ja erityisesti uusien työntekijöiden kokoonpanon opettelussa ja perehdyttämisessä.

Sain opinnäytetyön aiheen Vaasan ABB Oy Low Voltage Systemsiltä, koska ko-koonpanossa oli pieniä ongelmia kokoonpanon yhteneväisyyden ja rakenteen kanssa. Tästä saatiin ajatus tehdä yleispätevä helposti saatavilla oleva kokoonpa-no-ohje, jollaista ei vielä ollut olemassa.

1.2 Tavoitteet

Työn tavoitteena on luoda kuvalliset työohjeet rungon kokoonpanoa varten, jotka toimivat samalla sekä eri työvaiheiden kokoonpano-ohjeina että uuden työntekijän perehdyttämismateriaalina. Kokoonpano-ohjeen tulee kattaa kaikki viisi eri työ-vaihetta, jotka ovat:

- 1. työpiste, tukieristimet
- 2. työpiste, pystykiskot
- 3. työpiste, lattiat ja katot
- 4. työpiste, moduulit
- 5. työpiste, kiskotus.

Aluksi keskusteltiin pitäisikö kokoonpano-ohjeiden olla tietokoneella luettavat, mahdollisesti kosketusnäytöltä luettavat vai paperiversio. Sähköisessä versiossa kosketusnäyttö/tietokone pitäisi kuitenkin olla jokaisella työpisteellä. Päädyttiin tekemään paperiset versiot ja optiona sähköiset, mikäli myöhemmin tarvittaisiin.

Uudella ohjeistuksella pyritään parantamaan työn laatua. Se nopeuttaa ja selkeyttää uuden työntekijän perehdytystä ja parantaa hänen tekemäänsä laatua. Koska uuden työntekijän perehdyttäminen nopeutuu ja helpottuu, se ei sido niin paljon muita työntekijöitä ja häiritse heidän työntekeään, kun on helposti saatavilla oleva ohje. Ohje myös nopeuttaa kokoonpanoa, koska ei tarvitse koko ajan käydä kysymässä muilta työntekijöiltä ohjeita. Joissakin tapauksissa on mahdollista asentaa osat monella eri tavalla. Kuvallinen ohje, josta asiat on helppo tarkistaa, yhtenäistää kokoonpanotyyliä.

2 YRITYSESITTELY

2.1 ABB Oy

ABB Oy muodostettiin tammikuussa 1988 sulauttamalla yhteen ruotsalaisen Asean ja sveitsiläisen Brown Boverin sähkötekniset liiketoiminnot 50:50 — omistusperiaatteella. Varhainen historia ulottuu kuitenkin 120 vuoden taakse. 1883 Ludig Fredholm perustaa Elektriska Aktiebolagetin, joka valmistaa sähkövalaisimia ja generaattoreita. Jonas Wenström keksii kolmivaiheisen järjestelmän generaattoreille, muuntajille ja moottoreille. Elektriska Aktiebolaget sulautuu Wenströms & Granströms Elektriska Kraftbolagiin ja muodostaa Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolagetin, joka myöhemmin lyhentyi ASEAksi. 1988 ASEA ja BBC sulautuvat uudeksi yhtiöksi, jonka pääkonttori on Zürichissä, Sveitsissä. Uusi yhtiö aloitti toimintansa 5. tammikuuta 1988. Yhtiön liikevaihto oli 17 miljardia dollaria ja se työllisti 160 000 ihmistä ympäri maailmaa. ABB Oy:n kasvu perustuu sen teknologiseen voimaan ja vahvoihin paikallisiin juuriin, joita Suomessa edustaa Strömberg. Nyt ABB Oy on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtiö, joka toimii yli 100 maassa ja kaikilla mantereilla.

ABB Oy on sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtiö, jonka tuotteet, järjestelmät ja palvelut parantavat teollisuus- ja energiayhtiöasiakkaiden kilpailukykyä ympäristömyönteisesti. Kansainvälisen ABB yhtiön palveluksessa on noin 140 000 henkilöä noin 100 maassa. Pääkonttori sijaitsee Zürichissa Sveitsissä.

Suomessa ABB Oy:n palveluksessa on lähes 5200 henkilöä yli 20 paikkakunnalla. Tehdaskeskittymät ovat Helsingissä, Porvoossa ja Vaasassa. ABB Oy on Suomen suurin teollisuuden kunnossapitäjä. Suomessa ABB Oy on yksi suurimmista teollisista työnantajista, pääkaupunkiseudulla suurin. Liikevaihto on noin 2,3 miljardia euroa. Tuotekehitykseen käytetään vuosittain noin 184 miljoonaa euroa.

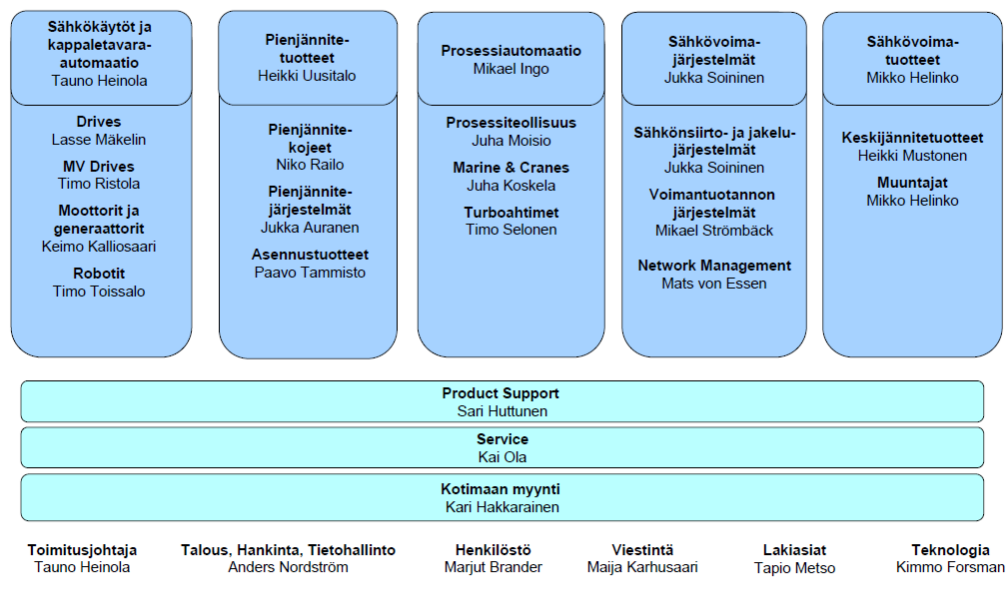
ABB Oy:llä on viisi divisioonaa: Sähkövoimatuotteet, sähkövoimajärjestelmät, sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio, pienjännitetuotteet ja prosessiautomaatio./2/, /3/

2.2 ABB Oy Low Voltage Systems

Pienjännitetuotteet jakautuvat kolmeen aladivisioonaan kuvion yksi mukaisesti: Pienjännitejärjestelmät, pienjännitekojeet ja asennustuotteet.

Low Voltage Systems -yksikkö kehittää, valmistaa ja myy markkinoiden laajinta valikoimaa pienjännitekojeistoja sekä MDY -kiskosiltoja. Low Voltage Systems -yksikön pienjännitetuotteet ja -järjestelmät tarjoavat suojauksen, ohjauksen ja mittauksen sähköasennuksiin, sekä teollisuuden sähkömekaanisiin laitteisiin, koneistoihin ja niihin liittyviin palveluihin.

ABB Oy:n organisaatio



01.09.2011



Kuvio1. ABB Oy, organisaatio./2/

3 MNS -PIENJÄNNITEKOJEISTO

3.1 Yleistä

MNS -pienjännitekojeisto perustuu modulaariseen rakenteeseen, testattuihin ratkaisuihin, sekä laadukkaisiin ABB:n komponentteihin, joiden saatavuus on maailmanlaajuisesti turvattu. MNS -kojeistoja valmistetaan laajasti ABB:n eri toimipisteissä ympäri maailmaa. Tämä takaa sen, että elinkaaren aikainen tuki löytyy läheltä käyttäjää.

MNS -kojeistot suunnitellaan projektikohtaisesti vastaamaan asiakkaan tarpeita. Ne soveltuvat erinomaisesti sellu- ja paperiteollisuuden, metallurgian, petrokemian teollisuuden, voimalaitosten, niin marine- ja offshore -sovellusten, kuin vaativan infrastruktuurirakentamisen tarpeisiin.

MNS iS on uutta kojeistotekniikkaa, jonka myötä kojeistoon on saatu nykyaikaisia liityntämahdollisuuksia prosessinohjausjärjestelmiin sekä uusien laitteiden ja prosessien kunnonvalvontaan. Kojeistossa korostuu käyttövarmuus, henkilöturvallisuus ja elinkaaren aikaiset mahdollisuudet muutoksiin ja komponenttien päivityksiin. Standardisoinnin ansiosta huollettavuus ja täydennykset ovat helposti tehtävissä.

Taajuusmuuttajien sijoittaminen MNS -kojeistoon mahdollistaa lisälaitteiden asentamisen ja testaamisen jo tehtaalla, jolloin käyttöönotto nopeutuu. Kojeistoasennettujen taajuusmuuttajien yliaaltojen ja mahdollisten häiriöiden suodatus voidaan tehdä keskitetysti. Samaan kojeistoon voidaan sijoittaa kaikki prosessin tarvitsemat moottorilähdöt, sekä nopeussäädetyt että vakionopeuskäytöt.

Kojeistoon voidaan tarvittaessa asentaa kompensointiparisto. MCR -estokelaparisto mittaa keskuksen syötöstä loistehoa Q/kVar ja tarvittaessa kytkee päälle kondensaattoriportaita, jotta verkosta otettu loisteho pysyy asetelluissa rajoissa./1/



Kuvio 2. Pienjännitekojeisto./1/

3.2 Sovellukset ja tekniset tiedot

Käyttö:

- metalliteollisuus
- petrokemian teollisuus
- paperi- ja selluteollisuus
- voimalaitokset
- laiva- ja offshorekäytöt
- vaativat rakennuskohteet.

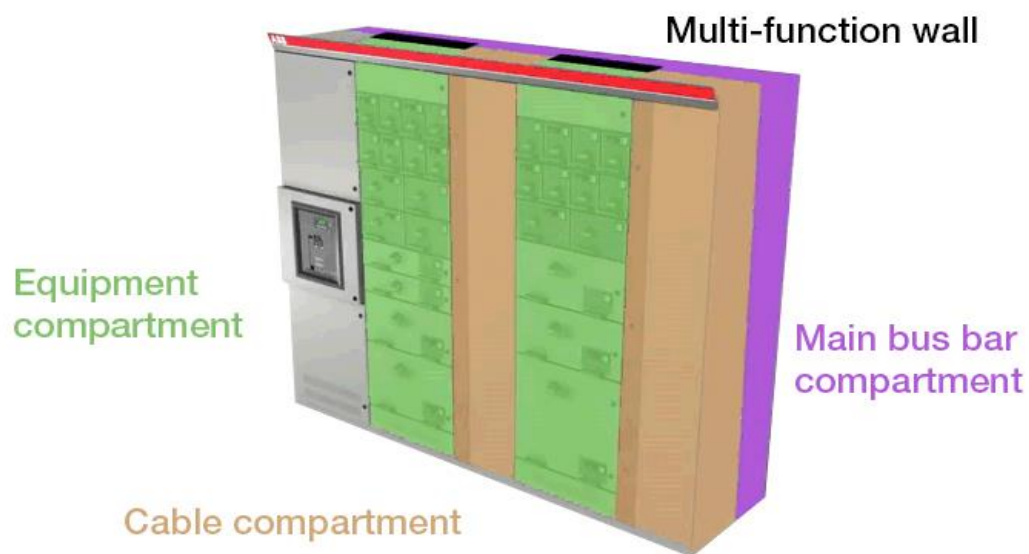
Teknisiä ominaisuuksia:

- tyyppitestattu IEC 61439-1 ja 2 mukaisesti
- valokaaritestattu
- maanjärstys-, värinä- ja iskunkestoiset rakenneratkaisut mahdollisia
- laaja valikoima standardivolyymeja
- kokonaistaloudellinen

- joustavat ratkaisut
- pienet elinkaarikustannukset.

3.3 Modulaarisuus

MNS -kojeistojärjestelmässä on tilankäytöltään ja huollettavuudeltaan eritasoisia ratkaisuja. Tarkoituksenmukaisilla valinnoilla voidaan saavuttaa kokonaistaloudellisesti suuriakin säästöjä investointi-, sähkötila- ja elinkaarikustannuksiin. MNS -kojeisto on jaettu erilaisiin osastoihin, kuten koje-, kiskosto- ja kaapeliosasto. Kojeston rakenneratkaisuilla, kuten valokaarivapaa alue, on pystytty selvästi vähentämään vahinkojen määrää. Mahdollisessa valokaarioikosulussa vahingot rajoittuvat tilaan, jossa valokaari syttyy, ja tämän ansiosta kojeisto on helposti ja nopeasti korjattavissa.



Kuvio 3. Osastointi./1/

Kojeston syötön pääkojeiksi on vakiintunut kaksi ratkaisua: kuormakytkin ja ilmakatkaisija. Maadoitusta voidaan ohjata kannen ulkopuolelta maadoituskytkimellä. Syötön apulaitteet ja mittalaitteet ovat syöttökentän välittömässä läheisyydessä.



Kuvio 4. Ilmakatkaisija.

Kojeisto jaetaan numeroituihin kenttiin ja kentät muodostuvat osastoista. Yksi osasto sisältää esimerkiksi yhden moottorilähdön kojeet. Lähtöjä on kolmea eri tyyppiä, F- (fixed), W- (withdrawable) ja R-tyyppi, jonka on harvinaisempi.

F-tyypin kenttä

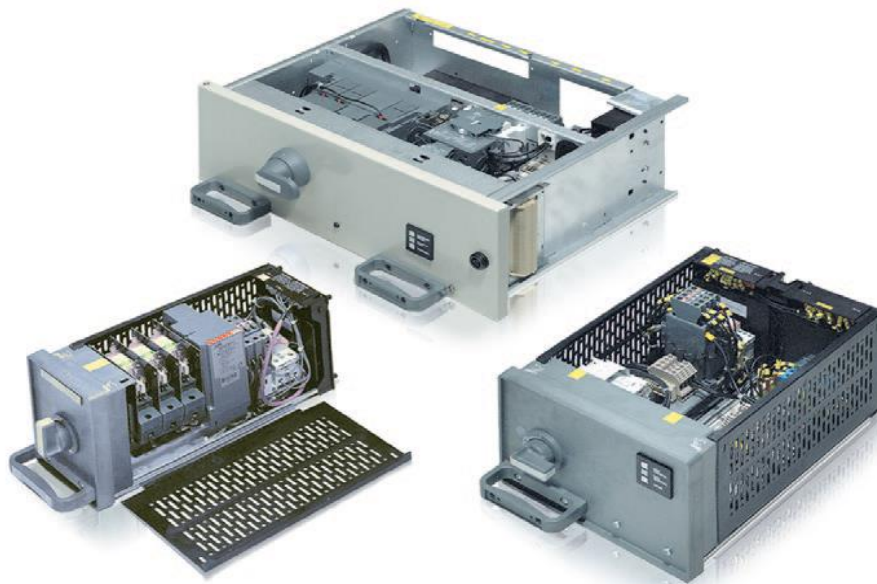
F-kentässä (fixed), kalustus, kojeet ja liitokset on tehty ruuvi- ja pulttiliitoksin, eli kiinteästi. Ovi on tarvittaessa avattavissa erikoismenetelmin käytön keskeytymättä visuaalista havainnointia varten. Kiinteää lähtöä ei voi vaihtaa tai korjata lähdön ollessa jännitteellinen.



Kuvio 5. Kiinteä lähtö./4/

W-tyyppin kenttä

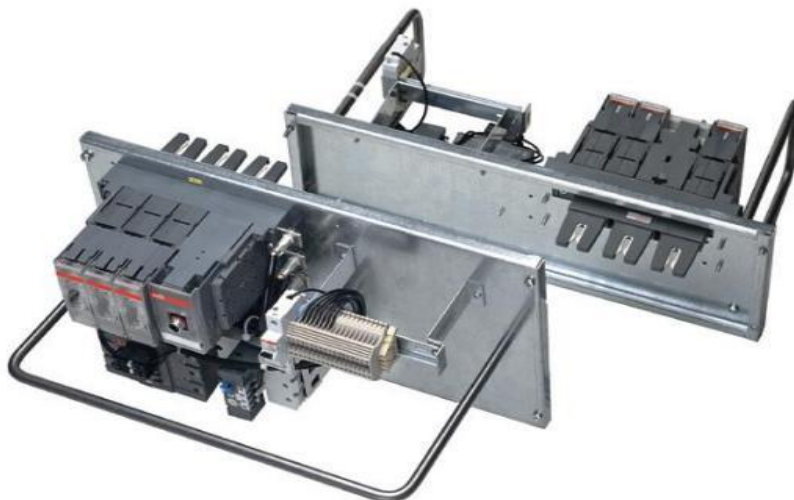
W-tyyppin lähdössä on ulos vedettävä kasetti, joka sisältää kalusteet ja liukukoskettimet. W-tyyppin lähtöön on helppo tehdä lisäyksiä, korjata tai vaihtaa kokonaan ja työ voidaan tehdä kojeiston ollessa jännitteinen. Tämä kalustustapa on selvästi muita tapoja tilatehokkaampi. Tarkoitusta varten kehitetyt koskettimet ovat osoittautuneet käytössä erittäin luotettaviksi. Lähtöyksikkö on irrotettavissa, kun etukojeen väännin käännetään siirto-asentoon, jolloin pää- ja apuvirtapiirit aukeavat.



Kuvio 6. Ulosvedettävä W-lähtö./4/

R-tyypin kenttä

R-tyypin (removable) ulosvedettävä lähtö on edellisten välimuoto, jossa on kiinteä vetokahva ja pääpiirissä liukukoskettimet. Välipohja on kuitenkin kiinteästi ruuveilla kiinni ja lähtevät piirit ovat kiinteitä ruuvi- ja pulttiliitoksilla tehtyjä.



Kuvio 7. Ulosvedettävä R-tyypin lähtö./1/

Tekniset tiedot

Taulukon 1. standardit ja koestukset ovat osin vuoden 2014 voimassa olleen standardisarjan mukaisia.

Taulukko 1. Standardit ja koestukset./5/

Standardit ja koestukset	
IEC 61439-1 ja 2: 2011, EN 61439-1 BS EN 60439-1 DIN VDE 0660, part 500 SFS-EN 60439-1: 2000	IEC 60529, EN 60529 IEC 61641 (Technical report) PSK 1801: 2001 FI Sertifikaatti 19335, SGS Fimko Oy

Taulukko 2. Tekniset arvot./5/

Nimelliseristysjännite	U_i	1000 VAC
Nimellisjännite	U_e	690 VAC
Nimellinen syöksykestojännite	U_{imp}	8 kV
Ylijänniteluokka		III
Likaantumisaste		3
Nimellistaajuus		0/50/60 Hz
Nimellisvirrat	I_n	
- kokoojakiskot		maks. 6300 A
- pystysyöttökiskot		maks. 2000 A
Terminen nimelliskestovirta	I_{cw}	
- kokoojakiskot		maks. 100 kA
- pystysyöttökiskot		maks. 86 kA
Dynaaminen nimelliskestovirta	I_{pk}	
- kokoojakiskot		maks. 250 kA
- pystysyöttökiskot		maks. 165 kA
Valokaarioikosulkukestoisuus		50 kA, 300 ms, 760 V
EMC-ympäristö		2
Eristysvastus		>10 MΩ
Kotelointiluokka		IP 31...IP 54

Taulukko 3. Tekniset mitat./5/

Mitat:		
- korkeus	2200 mm	
- kenttäleveydet	400, 600, 800, 1000, 1400 mm	
- syvyydet	400, 600, 800, 1000, 1200 mm	
- moduulimitta	E=25 mm	
Pintakäsittely:		
Esikäsittely	sinkkifosfatointi	1-2 g/m ²
- runko	kuumasinkitty teräslevy	
- kojeiston sisällä olevat osat	kuumasinkitty teräslevy	
- katto- ja takalevyt	kuumasinkitty teräslevy	
- ovet ja sivuseinät	maalattu RAL 7035, vaal. harmaa	Elektrostaattinen polyesteripinnoite, paksuus 60 µm
Sisäinen osastointi	Form 4 (muoto 4)	IEC 60439-1
Kalustustavat	F, R tai W vapaasti lattialla seisova	

4 STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET

4.1 Sähköturvallisuuslaki

Sähköalaan liittyvien määräyksien ja ohjeiden perustana on sähköturvallisuuslaki. Sähköturvallisuuslain vaatimukset liittyvät turvallisuuteen ja sähkömagneettiseen häiriöttömyyteen.

5§

”Sähkölaitteet ja –laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2) niistä ei sähköisesti tai magneettisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohutoutonta häiriötä; sekä
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.”

(L 14.6.1996/410.)/12/

17§

”Sähkölaitteisto saadaan ottaa käyttöön vasta, kun käyttöönottotarkastuksessa on selvitetty, että siitä ei aiheudu 5§:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä.”
(L14.6.1996/410.)/12/

4.2 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä

29 d §

”Sähköalan työtä varten on tarvittaessa laadittava tässä luvussa säädettyjä vaatimuksia täydentäviä työmenetelmäkohtaisia kirjallisia ohjeita.

Työssä sovellettavat voimassa olevat standardit ja ohjeet on pidettävä työntekijän käytettävissä.

Työntekijälle on annettava koulutusta ja opastusta siten, että tiedot jatkuvasti vastaavat työn vaatimuksia. Tietojen ymmärtäminen on varmistettava kuulustelulla tai muulla soveltuvalla tavalla.” (KTMp 5.7.1996/516, 29 d §.)/10/

4.3 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkötöiden turvallisuudesta

3 §

”Sähkölaite on suunniteltava ja valmistettava Euroopan talousalueella voimassa olevan hyvän turvallisuusteknisen käytännön mukaisesti siten, että se täyttää jäljempänä 4–7 §:ssä asetetut keskeiset turvallisuusvaatimukset niin, ettei se oikein asennettuna, huollettuna ja käyttötarkoituksensa mukaisesti käytettynä aiheuta vaaraa ihmisille, kotieläimille tai omaisuudelle.” (KTMp 30.12.1993/1694.)/11/

7 §

”Teknisillä toimenpiteillä on lisäksi varmistettava sellaisten vaarojen varalta, jotka voivat aiheutua ulkoisten tekijöiden vaikutuksesta sähkölaitteeseen

- 1) että sähkölaite kestää ennakoitavissa olevat mekaaniset rasitukset siten, ettei ihmisille, kotieläimille tai omaisuudelle aiheudu vaaraa;
- 2) että sähkölaite kestää ennakoitavissa olevissa ympäristöolosuhteissa syntyvät muut kuin mekaaniset rasitukset siten, ettei ihmisille, kotieläimille tai omaisuudelle aiheudu vaaraa;
- 3) että sähkölaitteen ennalta arvioitavissa oleva ylikuormittuminen ei aiheuta ihmisille, kotieläimille tai omaisuudelle vaaraa.” (KTMp 30.12.1993/1694.)/11/

9 §

”Jännitteiset osat on eristettävä, koteloitava ja varustettava esteillä, sekä asennettava kosketusetäisyyden ulottumattomiin.” (KTMp 17.12.1999/1193.)/9/

4.4 Standardit

Sähkölaitteistojen kokoonpanoon vaikuttaa sähköturvallisuuslaki, valtionneuvoston asetukset, kauppa- ja teollisuusministeriön päätökset, Tukesin ohjeet ja standardit.

Standardit ovat lain ja määräysten apuvälineitä, joihin on kirjoitettu tekniset yksityiskohdat.

Standardisarja SFS-EN 60439 on voimassa 1.11.2014 saakka, jonka jälkeen uusi standardisarja SFS-EN 61439 astuu vanhan tilalle. Uuden standardisarjan sisältämät osat on esitetty taulukossa.

Taulukko 4. 61439 standardisarja. /13/

- SFS-EN 61439-1: Pienjännitekeskukset — Yleisvaatimukset
- SFS-EN 61439-2: Pienjännitekeskukset — Ammattikäyttöön takoitettut kojeistot
- SFS-EN 61439-3: Pienjännitekeskukset — Maallikkokäyttöön tarkoitetut jakokeskukset
- SFS-EN 61439-4: Pienjännitekeskukset — Työmaakeskukset (korvaa 60439-4:n)
- SFS-EN 61439-5: Pienjännitekeskukset — Pienjännitekeskukset — Jakeluverkkokeskukset (korvaa 60439-5:n)
- SFS-EN 61439-6: Pienjännitekeskukset — Jakelukiskot (korvaa EN 60439-2:n)
- IEC raportti 61439-0 Specifiers guide.

Uuden standardisarjan standardeja saa alkaa soveltaa heti kun ne julkaistaan eli molempien standardissarjojen käyttö on hetkellisesti mahdollista ylimenokaudella.

Vanhentuneiden määräysten ja standardien mukaan toteutettuja sähkölaitteistoja ei tarvitse muuttaa vastaamaan uusia, voimassaolevia määräyksiä. Mikäli vanhasta asennuksesta kuitenkin aiheutuu vaaraa hengelle, terveydelle tai omaisuudelle, on laitteistoa muutettava.

4.4.1 Tyyppitestattujen keskusten vaatimukset (SFS-EN 60439-1)

Keskusten nimellisarvot

Keskus määritellään sähköisillä ominaisuuksilla.

1) Nimellisjännitteet

Keskukselle määritellään seuraavat eri virtapiirien nimellisjännitteet:

2) Nimellis(käyttö)jännite

Keskuksen jonkin virtapiirin nimellisjännite (U_e) on se jännitteen arvo, joka määrää ko. piirin nimellisvirran kanssa piirin käyttösovellutuksen.

Monivaiheisissa virtapiireissä nimellisjännitteellä tarkoitetaan vaiheiden välistä jännitettä. Keskuksen valmistajan on ilmoitettava ne jänniterajat, joiden sisällä pää- ja apupiirit toimivat oikein. Rajojen on kuitenkin oltava sellaiset, että jännite ohjauspiiriin kuuluvien sisäisten komponenttien liittimissä pysyy normaaleissa kuormitustilanteissa kyseisten komponenttien IEC-standardien määrittelemissä rajoissa.

3) Nimelliseristysjännite (U_i) (keskuksen virtapiirin)

Keskuksen virtapiirin nimelliseristysjännite (U_i) on se jännitteen arvo, johon eristystestit, ilmavälit ja pintavälit perustuvat.

Keskuksen minkään virtapiirin ei saa ylittää sen nimelliseristysjännitettä. Lisäksi edellytetään, ettei keskuksen minkään piirin käyttöjännite hetkellisesti kään ylitä piirin nimellistä eristysjännitettä enempää kuin 10 %.

5) Nimellisvirta (I_n) (keskuksen virtapiirin)

Valmistaja määrittelee keskuksen kunkin piirin nimellisvirran ottaen huomioon keskuksen sähköisten komponenttien nimellisarvot, sijoituksen ja käytön. Tämä virta on voitava johtaa piirin kautta siten, että sen osien lämpeneminen jää annettuihin rajoihin, kun piiri testataan.

Taulukko 6. Kertoimen n standardiarvot./14/

Oikosulkuvirran tehollisarvo kA	$\cos\varphi$	n
$I \leq 5$	0,7	1,5
$5 < I \leq 10$	0,5	1,7
$10 < I \leq 20$	0,3	2
$20 < I \leq 50$	0,25	2,1
$50 < I$	0,2	2,2
HUOM. Nämä arvot pätevät useimpiin sovelluksiin. Erityisissä paikoissa, esim. muuntajan ja generaattorin läheisyydessä, voi tehokerroin saada pienempiä arvoja, jolloin prospektiivisen virran huippuarvo voi tulla rajoittavaksi arvoksi oikosulkuvirran tehollisarvon sijasta.		

6) Terminen nimelliskestovirta (I_{cw}) (keskuksen virtapiirin)

Terminen nimelliskestovirta on se keskuksen virtapiirin lyhytaikaisen virran tehollisarvo, jonka virtapiiri valmistajan mukaan kestää vahingoittumatta määritellyissä testiolosuhteissa. Ellei valmistaja toisin ilmoita, aika on 1 s.

Vaihtosähköllä virran arvo on vaihtosähkökomponentin tehollisarvo edellyttäen, että mahdollisesti esiintyvä suurin huippu-arvo ylittää enintään n kertaa tämän tehollisarvon.

7) Dynaaminen nimelliskestovirta (I_{pk}) (keskuksen virtapiirin)

Keskuksen jonkin piirin dynaaminen nimelliskestovirta on se virran huippuarvo, jonka piiri kestää määritellyissä testausolosuhteissa.

8) Ehdollinen nimellisoikosulkuvirta (I_{cc}) (keskuksen virtapiirin).

Keskuksen virtapiirin ehdollinen nimellisoikosulkuvirta on valmistajan ilmoittaman prospektiivisen oikosulkuvirran arvo, minkä valmistajan määrittelemäl-

lä oikosulkusuojalla suojattu virtapiiri kestää tyydyttävästi laitteen toiminta-aikaan nähden määritellyissä olosuhteissa.

Keskuksesta annettavat tiedot

Keskus on varustettava yhdellä tai useammalla arvokilvellä, joihin merkinnät on tehty luotettavalla tavalla. Kilvet on sijoitettava sellaiseen paikkaan, että ne ovat näkyvissä ja helposti luettavissa keskuksen asentamisen jälkeen.

Kohdissa a) ja b) määrätty tieto on annettava arvokilvessä.

Kohdissa c)...t) soveltuvat tiedot annetaan kohdin arvokilvessä tai valmistajan teknisessä tuoteselosteessa.

- a) valmistajan nimi tai rekisteröity tavaramerkki
- b) mallimerkintä, tunnistusnumero tai muu tunnistustieto, joka mahdollistaa tarpeellisten tietojen saamisen valmistajalta
- c) standardi IEC 60439-1
- d) virtalaji (ja vaihtosähköllä taajuus)
- e) nimellisjännite
- f) nimelliseristysjännite
- g) apupiirien nimellisjännitteet
- j) jokaisen pääpiirin nimellisvirta
- k) oikosulun kestävyys
- l) kotelointiluokka
- m) suojaus sähköiskulta
- n) käyttöolosuhteet sisällä, ulkona tai erityiskäytössä, jos ne eroavat annetuista ympäristöoloista, likaantumisaste, jos valmistaja on sen antanut.
- o) jakelujärjestelmä, johon keskus voidaan liittää
- p) mitat, suositellaan esitettäväksi järjestyksessä korkeus, leveys ja syvyys
- q) paino
- r) osastointimuoto
- s) toimintayksiköiden sähköiset kytkentämenetelmät
- t) ympäristö A ja/tai B.

Keskuksen sisällä olevat yksittäiset virtapiirit ja niiden suojalaitteet on voitava tunnistaa.

Kun keskuksen komponentit merkitään, tunnusten on oltava yhdenmukaisia standardin IEC 61346-1 kanssa. Keskuksen mukana toimitettavissa piirustuksissa käytettyjen tunnusten on oltava IEC 61082 mukaisia.

4.5 Asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet

Valmistajan on annettava asiapapereissa tai tuoteselosteessaan keskuksen ja siihen asennettujen laitteiden tarpeelliset asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet.

Keskuksen kuljetuksesta, asennuksesta ja käytöstä annetuissa ohjeissa on tarvittaessa ilmoitettava toimenpiteet, jotka ovat erityisen tärkeitä asianmukaisen ja oikean asennuksen, kuljetuksen ja käytön kannalta.

Yllämainituissa asiakirjoissa on tarvittaessa esitettävä huollon suositeltava laajuus ja huoltovälit. Elleivät virtatiet ole selkeästi tunnistettavissa, on niistä annettava riittävät tiedot esim. piirustuksissa tai taulukoissa.

4.6 Suunnittelu ja rakenne

4.6.1 Mekaaninen rakenne

Keskuksessa saa käyttää vain sellaisia materiaaleja, jotka kestävät normaalissa käytössä ja ympäristössä esiintyviä mekaanisia, sähköisiä ja lämpörasituksia sekä kosteutta. Keskuksen eristysaineesta tehdyillä osilla on oltava määrätty kuumuuden ja tulenkestoisuus.

Korroosiosuojaus varmistetaan käyttämällä korroosionkestäviä materiaaleja tai käsittelemällä korroosiolle alttiit pinnat vastaavalla suojauksella, ottaen kuitenkin huomioon aiottu käyttö ja huolto.

Kaikkien koteloinnin osien ja väliseinämien, mukaan lukien ovien ja ulosvedettävien yksiköiden lukintalaitteet, on oltava mekaanisesti riittävän lujia, jotta ne kestävät normaalissa käytössä esiintyvät rasitukset.

Ulosvedettävän toimintayksikön erotusvälin on oltava vähintään (IEC 60947-3) erotinstandardeissa uusille laitteille vaaditun erotusvälin mukainen. Valmistustoleranssit ja kulumisen aiheuttamat muutokset mitoissa on otettava huomioon.

Kun valmistaja on ilmoittanut keskuksen virtapiirin syöksykestojaännitteen, tietyt vaatimukset ovat voimassa ja virtapiirin on täytettävä tietyt tarkastukset ja eristystestit.

Pääpiirin syöksykestojaännite

- a) Jännitteisten osien ja maadoitettaviksi tarkoitettujen osien välisten ilmavälien sekä napojen ilmavälien on kestävä taulukossa 6 annettu nimellistä syöksykestojaännitettä vastaava testijännite.
- b) Erotusasennossa olevan ulosvedettävän yksikön avoimien koskettimien ilmavälien on kestävä taulukon 15 mukainen nimellistä syöksykestojaännitettä vastaava testijännite.
- c) Ilmaväleihin a) ja/tai b) liittyvien keskuksen kiinteiden eristysten on kestävä edellä vastaavissa kohdissa a) ja/tai b) esitetyt syöksyjaännitteet.

4.7 Kotelointi ja kotelointiluokka

IP –luokitusjärjestelmää käytetään Euroopassa sähkölaitteiden tiiviyn määrittämiseksi. Luokitus kertoo laitteen suojauksesta ulkoisia uhkia, esimerkiksi pölyä ja vettä vastaan. Luokituksen sisältö on esitetty standardissa SFS-EN 60529 ja standardissa IEC 60529. Laitteita valmistetaan hyvin erilaisiin olosuhteisiin ja yleensä mitä tiiviimpiä ne ovat sitä kalliimpia ne ovat.

Taulukko 9. IP -koodin muodostaminen./14/

Osat	Numerot tai kirjaimet	Merkitys laitesuojauksessa	Merkitys henkilö- suojuksessa	Viite
Kirjaimet	IP	—	—	—
Ensimmäinen tunnusnumero	0 1 2 3 4 5 6	Suojattu vieraiden esineiden ja pölyn sisään pääsystä (suojaamaton) kun halkaisija \geq 50 mm kun halkaisija \geq 12,5 mm kun halkaisija \geq 2,5 mm kun halkaisija \geq 1,0 mm pölysuojatusti pölytiivisti	Vaaralliset osat kosketussuojattu (suojaamaton) nyrkiltä sormelta työkalulta langalta langalta	Kohta 5
Toinen tunnusnumero	0 1 2 3 4 5 6 7 8	Suojattu veden sisäänpääsyn haitalliselta vaikutukselta (suojaamaton) pystysuoraan tippuvalta vedeltä tippuvalta vedeltä (laitteen kallistus 15°) satavalta vedeltä roiskuvalta vedeltä vesisuihkulta voimakkaalta vesisuihkulta lyhytaikaisesti upotettuna jatkuvasti upotettuna	—	Kohta 6
Lisäkirjain (vapaaehtoinen)	A B C D	—	Vaaralliset osat kosketussuojattu nyrkiltä sormelta työkalulta langalta	Kohta 7
Täydentävä kirjain (vapaaehtoinen)	H M S W	Täydentävän tiedon merkitys: Suurjännitelaitte ¹⁾ Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa käynnissä Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa pysähdyksissä Laitte on koestettu erityisiin sääoloihin	—	Kohta 8

¹⁾ > 1000 V AC tai > 1500 V DC.

4.7.1 Kotelointiluokka

Kotelointiluokka on koteloinnilla aikaansaatu suojausaste vaarallisten osien koskettamiselta ja vieraiden esineiden ja pölyn tai veden sisääntunkeutumiselle. Kotelointiluokka määritetään standardisoiduilla koestusmenetelmillä.

Keskuksen kotelointiluokka eli kosketus-, vesi- ja vierasainesuojausaste merkitään tunnuksella standardin SFS-EN 60529 mukaisesti. Taulukossa 9 on lyhyt kuvaus IP -koodin muodostamisesta.

Kotelointiluokan ensimmäinen tunnusnumero ilmaisee, että:

1. kotelointi suojaa ihmisiä koskettamasta vaarallisia osia, estäen tai rajoittaen ihmiskehon osan tai ihmisen pitämän esineen sisääntunkeutuminen
2. kotelointi suojaa laitetta vieraiden osien ja pölyn sisääntunkeutumiselta.

Taulukko 10. Koteloinnin ensimmäinen tunnusnumero./15/

Ensimmäinen tunnusnumero	Suojausominaisuus	
	Lyhyt kuvaus	Määritelmä
0	Suojaamaton	-
1	Suojattu halkaisijaltaan yli 50 mm vieraalta esineiltä	Pallomainen halkaisijaltaan 50 mm esinekoetin ei saa tunkeutua kokonaan sisään 1)
2	Suojattu halkaisijaltaan yli 12,5 mm vieraalta esineiltä	Pallomainen halkaisijaltaan 12,5 mm esinekoetin ei saa tunkeutua kokonaan sisään 1) Halkaisijaltaan 2,5 mm esinekoetin ei saa tunkeutua kokonaan sisään 1)
3	Suojattu halkaisijaltaan yli 2,5 mm vieraalta esineiltä	Halkaisijaltaan 1 mm esinekoetin ei saa tunkeutua kokonaan sisään 1)
4	Suojattu halkaisijaltaan yli 1 mm vieraalta esineiltä	Pölyn sisääntunkeutumista ei ole kokonaan estetty, mutta sitä ei saa tunkeutua haitaksi laitteen tyydyttävälle toiminnalle tai haitaksi turvallisuudelle
5	Pölysuojattu	Pölyä ei saa tunkeutua sisään
6	Pölytiivis	
1) Esinekoettimen koko halkaisija ei saa päästä koteloinnin aukon läpi.		

Toinen tunnusnumero ilmaisee kotelointiluokan, jonka mukainen kotelointi estää veden haitallisen sisään tunkeutumisen.

Taulukko 11. Koteloinnin toinen tunnusnumero./15/

Toinen tunnusnumero	Kotelointiluokka	
	Lyhyt kuvaus	Määritelmä
0	Suojaamaton	-
1	Suojattu pystysuoralta tippuvalta vedeltä	Pystysuoraan pisaroina tippuva vesi ei aiheuta haittaa
2	Suojattu pystysuoralta tippuvalta vedeltä, kun kotelointi kallistettuna 15° asti	Pystysuoraan pisaroina tippuva vesi ei aiheuta haittaa, kun kotelointia kallistetaan enintään 15° mielivaltaiseen suuntaan pystyasentoon nähden
3	Suojattu satavalta vedeltä	Enintään 60° kulmassa satava vesi ei aiheuta haittaa
4	Suojattu roiskuvalta vedeltä	Kaikista suunnista roiskuva vesi ei aiheuta haittaa
5	Suojattu vesisuihkulta	Kaikista suunnista suuttimella ohjattu vesisuihku ei aiheuta haittaa
6	Suojattu voimakkaalta vesisuihkulta	Kaikista suunnista suuttimella ohjattu voimakas vesisuihku ei aiheuta haittaa
7	Suojattu lyhytaikaisen veteen upottamisen vaikutuksilta	Veteen lyhytaikaisesti upotettuun kotelointiin ei tunkeudu haitallisessa määrin vettä standardoidussa vedenpaineessa ja upotusajassa
8	Suojattu jatkuvan upottamisen vaikutuksilta	Valmistajan ja käyttäjän sopimissa olosuhteissa, mutta ankarammissa, kuin numerolla 7, veteen upotettuun kotelointiin ei tunkeudu haitallisessa määrin vettä

Kotelointiluokan lisäkirjain ilmaisee henkilöiden suojauksen vaarallisten osien koskettamiselta.

Taulukko 12. Kotelointiluokan lisäkirjain./15/

Lisäkirjain	Kotelointiluokka	
	Lyhyt kuvaus	Määritelmä
A	Kosketussuojattu nyrkiltä	Pallomaisella halkaisijaltaan 50 mm etäisyyskoskettimella on oltava riittävä etäisyys vaarallisista osista
B	Kosketussuojattu sormelta	Halkaisijaltaan 12 mm ja pituudeltaan 80 mm olevalla nivelsormella on oltava riittävä etäisyys vaarallisista osista
C	Kosketussuojattu työkalulta	Halkaisijaltaan 2,5mm ja pituudeltaan 100 mm olevalla nivelsormella on oltava riittävä etäisyys vaarallisista osista
D	Kosketussuojattu langalta	Halkaisijaltaan 1,0 mm ja pituudeltaan 100 mm olevalla nivelsormella on oltava riittävä etäisyys vaarallisista osista

Täydentävä tieto voidaan ilmaista toista tunnusnumeroa tai lisäkirjainta seuraavalla täydennyskirjaimella.

Taulukko 13. Kotelointiluokan täydennyskirjain./15/

Kirjain	Merkitys
H	Suurjännitelaitte >1000 V AC tai >1500 V DC
M	Laitteen vesisuojaus on koestettu laitteen liikuteltavien osien liikkeessä (esim. koneen roottorin pyöriessä)
S	Laitteen vesisuojaus on koestettu laitteen liikuteltavien osien ollessa paikoillaan (esim. koneen roottorin)
W	Laitte on sopiva käytettäväksi erikseen määritellyissä sääolosuhteissa ja se on varustettu lisäominaisuudella tai käsittelyllä

Jos ei ole toisin määritelty, valmistajan ilmoittama kotelointiluokka koskee koko keskusta, mikäli se on asennettu valmistajan ohjeiden mukaisesti, esim. avoin asennuspinta tarvittaessa tiivistettynä.

Valmistajan on ilmoitettava kosketussuojauksen aste sekä vierasaine- ja vesisuojaus myös keskuksen tilojen ollessa avattuina niin, että tehtävään opastettu henkilö tai sähköalalla ammattitaitoinen henkilö voi käyttää tai huoltaa keskuksen sisäisiä osia. /15/

4.7.2 Ulosvedettävien osien kotelointiluokka (SFS-EN 61439-2)

Kojeistolle ilmoitettu kotelointiluokka koskee normaalisti ulosvedettyjen osien kytkettyä asentoa. Keskuksen valmistajan pitää ilmoittaa muissa asennoissa ja asentojen välisissä siirroissa saavutettava kotelointiluokka. Kojeistot, joissa on ulosvedettäviä yksiköitä, pitää suunnitella siten, että kytkettyä asentoa koskeva kotelointiluokka säilyy myös testi- ja erotusasennossa sekä siirryttäessä asennosta toiseen.

4.7.3 Kosketussuojaus

Kosketussuojaus saavutetaan joko keskuksen tarkoituksenmukaisella rakenteella tai asennettaessa tehtävillä lisätoimenpiteillä, jotka voivat vaatia valmistajan antamia ohjeita. Esimerkkinä lisätoimenpiteestä on avorakenteisen keskuksen asentaminen tilaan, jonne pääsevät ainoastaan sähköalan ammattihenkilöt.

4.8 Oikosulkusuojaus ja oikosulunkestävyys

Keskus on rakennettava siten, että se kestää mitoitusoikosulkuvirran aiheuttamat lämpö- ja dynaamiset rasitukset.

Keskus on suojattava oikosulkuja vastaan käyttäen esim. katkaisijaa, sulakkeita tai niiden yhdistelmiä. Ne voivat olla joko keskuksessa tai sen ulkopuolella.

Käyttäjän/tilaajan on ilmoitettava asennuspaikan oikosulkuvirta keskuksen tilauksen yhteydessä.

4.8.1 Oikosulunkestävyyttä koskevat tiedot

Valmistajan on ilmoitettava yhdellä syöttöyksiköllä varustetun keskuksen oikosulunkestävyys seuraavasti:

Keskukselle, jossa oikosulkusuoja on sen syöttöyksikössä, annetaan prospektiivisen oikosulkuvirran suurin sallittu arvo syöttökiskon liittimissä. Tämä arvo ei saa ylittää ao. mitoitusarvoja.

Jos oikosulkusuojana on sulake tai virtaa rajoittava katkaisija, on valmistajan annettava sen nimellisarvot (nimellisvirta, katkaisukyky, katkaisuvirta, jne.).

Jos käytetään aikahidastetulla laukaisulla toimivaa katkaisijaa, voi olla tarpeellista ilmoittaa prospektiivista oikosulkuarvoa vastaava suurin sallittu aikaviive ja virta-asettelu.

Keskukselle, jossa oikosulkusuoja ei ole sen lähtöyksikössä, annetaan oikosulunkestävyys yhdellä tai useammalla seuraavista tavoista:

- a) Terminen nimelliskestovirta sekä oikosulun kesto aika, mikäli se ei ole 1s., ja dynaaminen nimelliskestovirta
- b) Ehdollinen nimellisoikosulkuvirta.

Valmistajan on annettava kohdassa b) keskuksen suojaamiseksi tarpeelliset virtaa rajoittavien laitteiden arvot.

Jos keskuksessa on useita syöttöyksiköitä, joita ei käytetä samanaikaisesti, tai jos keskuksessa on yksi tai useampia lähtöyksiköitä suuritehoisille, oikosulkuvirtaa lisääville pyöriville koneille, on erikseen sovittava prospektiiviset oikosulkuvirta-arvot kullekin syöttökiskolle, lähtöyksikölle sekä kokoomakiskolle.

4.8.2 Keskuksen sisäiset virtapiirit

Kokoomakiskot (paljaat tai eristetyt) on sijoitettava siten, että kisko-oikosulku ei ole todennäköinen normaaleissa käyttötilanteissa. Jos ei toisin mainita, kiskot on mitoitettava oikosulunkestävyyden mukaan ja suunniteltava kestäämään ainakin ne oikosulkurasitukset, joihin kokoomakiskojen syöttöpuolen suojalaitteet oikosulun rajoittavat.

Kokoomakiskojen ja toimintayksiköiden syöttöliittimien väliset kiskot (mukaan lukien haarakiskot) ja johtimet sekä toimintayksiköiden sisäiset laitteet voidaan mitoittaa kenttäkohtaisesti yksikön oikosulkusuojan takana sattuvan oikosulun aiheuttamien rasitusten mukaan. Tämä edellyttää, että nämä johtimet ja kiskot ovat sijoitetut, suojatut tai lisäeristetyt siten, että normaaleissa käyttötilanteissa sisäinen oikosulku ja maasulku ovat käytännöllisesti katsoen mahdottomia. Suositellaan, että tällaiset kiskot ovat jäykkiä ja johtimet yksilankaisia.

4.9 Keskuksen kiskojen ja johtimien sähköiset liitännät

Virtaa johtavien osien liitokset eivät saa heikentyä normaalin lämpenemisen, eristemateriaalin vanhenemisen ja normaalin käytön aiheuttaman värinän vaikutuksesta. Erityisesti on otettava huomioon materiaalien lämmönkestävyys, lämpölaajeneminen ja elektrolyyttisen korroosion vaikutukset, kun on kyse erilaisista metalleista. Virtaa johtavien osien liitokset on tehtävä siten, että kosketuspaine säilyy riittävänä. (SFS-EN 60439-1)/14/

4.9.1 Kiskojen ja eristettyjen johtimien mitoitus

Keskuksen sisäisten kiskojen ja johtimien poikkipinnan valitsee valmistaja. Valinnassa otetaan huomioon keskuksen mekaaniset rasitukset, kuormitettavuus, johtimien asennustapa ja eristykset. Mahdollisuuksien mukaan otetaan huomioon myös liitettävät laitteet. /14, 18—29/

5 KOKOONPANOPROSESSI

5.1 Yleistä

Kokoonpano on iso osa valmistusprosessia. Kokoonpanossa tuotteeseen on sidottu paljon kustannuksia keskeneräisen tuotannon muodossa, varastoissa, kapasiteetin tarpeessa ja niin edelleen. Kokoonpanon perusedellytyksinä voidaan pitää kolmea asiaa, osia on oltava saatavilla, osien on oltava sopivia ja osaavaa henkilökuntaa on käytettävissä ja heillä on oikeat työvälineet ja ohjeet työn suorittamiseen.

Kokoonpanoprosessissa huomioidaan asiakastytyväisyys, tiimin joustavuus ja reagointikyky, sekä toiminnan tehokkuus. Tehokkuustavoitteita voidaan saavuttaa alentamalla läpimenoaikoja ja hukkaa. Tarkoituksena on tuottaa tasalaatuista nopeasti ja pienillä kustannuksilla./6, 28—35/.

Varsinaisen asennustyön lisäksi kokoonpanotyö sisältää osien käsittelyä, siirtämistä paikasta toiseen, varastoimista, sovittamista ja tarkastamista. Kaikki muu työ, kuin itse asentaminen, on tuotetta jalostamatonta työtä, eikä lisää millään tavalla tuotteen arvoa, vaan vie aikaa ja lisää siten kustannuksia. Kuitenkin ne ovat välttämättömiä. Jalostamaton työ voidaan jakaa kahteen alueeseen, välttämättömään jalostamattomaan ja tarpeettomaan jalostamattomaan työhön. Välttämätön jalostamaton työ syntyy esimerkiksi tarkastuksista, siirtelemisistä ja valmistelemisestä. Tarpeeton jalostamaton työ syntyy kaikenlaisista häiriöistä, odotuksista, virheistä ja tavaroiden etsimisestä. Jalostamattoman tarpeettoman työn osuutta tulee pyrkiä vähentämään mahdollisuuksien mukaan ja kehitystyö tulee aloittaa tarpeettomasta jalostamattomasta työstä. Kehitettävää löytyy kyllä varmasti myös välttämättömästä jalostamattomasta työstä./16/, /6, 259—261/

Kokoonpanotyöhön kuluvaa aikaa tutkittaessa, neljännes kuluu erilaisiin häiriöihin ja toinen neljännes taukoihin ja odotuksiin, eli jäljelle jää vain puolet ajasta varsinaiseen tekemiseen. Vielä kun lisätään, että jalostavan työn osuus teke- misajasta on noin 10—25 %, huomataan, että itse asiassa vain pieni osuus käytetystä ajasta on jalostavaa työtä. Tarpeen on tehdä asiat kerralla oikein, koska purkaminen ja uudelleen kokoaminen on jalostamatonta työtä. Työpaikan siisteys ja

järjestys on tärkeää, koska työ nopeutuu, kun tavaroita ei tarvitse enää etsiä. Materiaalipuutteet aiheuttavat turhia taukoja ja odotteluja, joista pitäisi päästä eroon. Työpiteellä tulee olla valmiudet tehdä työtä eli vaaditut työkalut, osat ja työohjeet. /16/, /7/

Lean:

Lean johtamisfilosofian tavoite on virtaviivaistaa prosessia ja poistaa turha arvoa tuottamaton toiminta. Yksinkertaistettuna Lean pyrkii luomaan lisäarvoa pienemmillä resursseilla.

Lean -filosofian ja -johtamisen tarkoituksena on parantaa tuottavuutta eliminomalla seitsemän tuottamatonta toimintoa: Kuljetukset, varastot, liike, odotusaika, ylituotanto, yliprosessointi ja viallinen tuote. Lean -toimintamallilla pyritään saamaan toimintaan tarkoituksenmukaisuutta, järkevyyttä ja täsmällisyyttä asiakasnäkökulmasta lähtien. /8/, /16/

Leanin tarkoitus on:

- parantaa työskentelyolosuhteita
- antaa työntekijöille mahdollisuus osallistua kehitystyöhön
- parantaa yrityksen kilpailukykyä
- tehdä oikeita asioita.

Leanin tarkoitus ei ole:

- toimia kustannusten säästöohjelmana
- hakea pienempää riippuvuutta työntekijöistä
- siirtyä liukuhihnatyöhön
- vähentää työn mielekkyyttä
- karsia kaikesta. /8/, /7/

Lean-managementissa tuottavuuden parantaminen ei perustu työtahdin lisäämiseen, vaan erilaisten hukkien poistamiseen. Kaikki turha ja arvoa lisäämätön työ pyritään karsimaan. Lean toiminnassa 5S on yksi laatutyökaluista. Lean-

toimintatapa sopii ABB:n kaltaisen ison yrityksen toimintakulttuuriin, kun tarkoituksena on tehostaa toimintaa, parantaa laatua, kustannustehokkuutta ja nopeutta.

LVS -yksikössä on käytössä 5S-laaturjestelmä (sorteeraus, systematisointi, siivous, standardisointi, seuranta). 5S on työpaikkojen organisointiin ja työmenetelmien standardisointiin keskittyvä menetelmä, jonka tarkoitus on kehittää työn tuottavuutta. Tuottavuus ja työturvallisuus lisääntyvät, kun työpaikat suunnitellaan myös ergonomisesti uudelleen. Samalla järjestetään ja merkitään päivittäin tarvittaville työkaluille, varaosille ja tarvikkeille omat paikkansa. Järjestelyn ja paikkojen merkitsemisten avulla vähennetään työkalujen ja tarvikkeiden etsimiseen käytettävää aikaa. Henkilöstön tuottavuus, turvallisuus ja työhyvinvointi lisääntyvät, kun työpaikasta luodaan siisti ja visuaalisesti miellyttävä ympäristö. Järjestelmä antaa hyvän perustan työprosessien sujuvuuden kehittämiseksi./17/

5 S:n keskeiset tavoitteet:

- 5 S:n avulla kehitetään toiminnan systemaattisuutta, tuottavuutta ja laatua.
- 5 S tuo näkyville sujuvan toiminnan poikkeamat, esim. hukun tunnistamisen, joka aktivoi työryhmää kehittämään hukun poistamiseen vaikuttavia työmenetelmiä.
- 5 S ylläpitää työpisteen järjestystä ja vähentää työvälineiden etsimisen aiheuttamaa turhautuneisuutta.
- 5 S lisää työturvallisuutta, kun suunnittelussa huomioidaan työpaikkojen ja laitteiden layout, tehdään riskien arviointi ja otetaan huomioon työpaikan ergonomia.
- 5 S tehostaa tuotantovälineiden seurantaa ja valvontaa, jolloin ne löytyvät ja pysyvät omilla paikoillaan.
- 5 S:n yleiset periaatteet suunnitellaan ja sovelletaan johdon ja henkilöstön yhteistyössä omalle työpaikalle sopivaksi malliksi./17/

Työohjeet tulevat jokaiselle työpisteelle ja osaksi 5S-menetelmää.

5.2 Kojeiston rungon kokoonpano

Rungon osat tulevat kaikki alihankkijoilta ja ovat pääsääntöisesti hyvää laatua. Alihankkijat vastaavat myös tekemiensä osien standardinmukaisuudesta. Varasto-työntekijät huolehtivat materiaalitäydennyksistä päivittäin, että osia on aina saatavilla. Rungon kokoonpano koostuu viidestä erilaisesta työpisteestä. Kolmella työpisteellä työ tehdään pöydillä, yksi piste on kahdella nostintasolla varustettu ja yksi on lattialla. Työpisteet ovat:

- 1. työpiste, tukieristimien valmistus
- 2. työpiste, pystykiskojen valmistus
- 3. työpiste, lattia- ja kattokehikoiden valmistus
- 4. työpiste, runkomoduulin asennus
- 5. työpiste, runkomoduulien yhteenasennus ja kiskotus.

5.2.1 Työpiste 1, tukieristimien valmistus

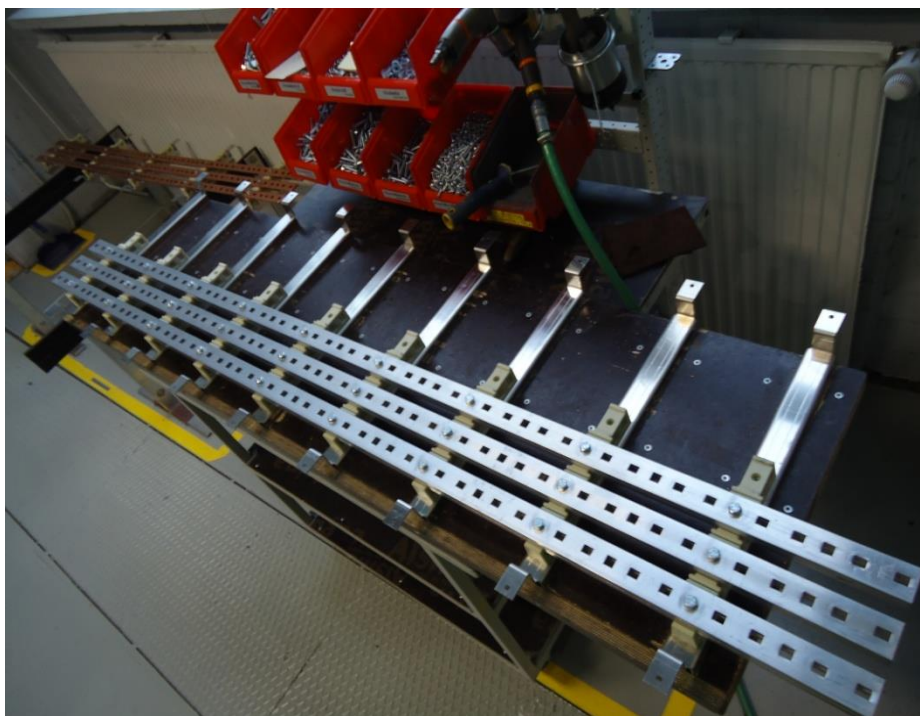
1. Työpisteellä valmistetaan projektiin tarvittavat tukieristimet. Tukieristimien paikat ja nostokorvien paikat suunnitellaan ja merkitään, kun uusi projekti aloitetaan. Ohjeessa ohjeistetaan aluksi valitsemaan oikea tukiväli kokoojakiskoja varten taulukosta oikosulkukestoisuuden perusteella ja siten voidaan laskea kuinka monta ko. tukieristintä tarvitaan. Näytetään mistä löytyy kokoojakiskojen tarvittavat tiedot, määrä ja leveys, joiden perusteella osat valitaan. Myös eri tilanteissa käytettävät pultit ja prikat luetellaan.



Kuvio 8. Tukieristin.

5.2.2 Työpiste 2, pystykiskojen valmistus

2. Työpisteellä valmistetaan projektin pystykiskopaketit ja mahdolliset lisäkiskot kuvien mukaisesti. Ohjeessa näytetään mistä pystykiskojen tiedot ja tukiväli ilmoitetaan ja myös tukieristimien osanumerot, koska ne aiheuttavat joskus sekaannusta. Useamman kiskon tapauksessa alumiinisten kiskojen väliset pinnat tulee puhdistaa teräsharjalla ja rasvata kiskorasvalla hapettumisen estämiseksi. Kupariset kiskot puhdistetaan tarvittaessa, mutta niihin ei käytetä kiskorasvaa. Ohjeessa näkyy eri kiskomäärillä käytettävien pulttien koot ja pituudet mikä on varsinkin tässä vaiheessa hyvin tärkeää, ja käytettävät kiristysmomentit. Kokoonpanopisteellä on erityinen pöytä minkä avulla tukieristimet saadaan helposti oikeisiin paikkoihin ja oikein päin. Myös F-kentän ja W-kentän lisäkiskojen kokoonpanon ohjeistus on tällä työpisteellä ja sisältää tukieristimien osanumeron, asettelun, pultit ja kiristysmomentit.



Kuvio 9. Pystykiskot.

5.2.3 Työpiste 3, lattia- ja kattokokehikoiden valmistus

3. Työpisteellä asennetaan lattia- ja kattokokehikoihin oikeanlaiset lattialevyt ja niihin halutut läpiviennit piirustusten mukaisesti, sekä pystypalkkien kiinnikkeet. Tässä työvaiheessa oleellisimpia asioita ovat: Kentän/kenttien ja kuilujen leveys, joka määrää anturapalkin pituuden. Mahdolliset läpiviennit tulevat joko lattia tai kattolevyyn. Läpivienti voi olla esimerkiksi pelkkä aukko, kumiset läpiviennit tai palon kestävä läpivienti. Läpivientien lisäksi oleellisia ovat pystypalkkien kiinnityskohdat, jotka määräytyvät kenttien ja kaapelikuilujen leveydestä/järjestyksestä. Ohje kattaa F-, W-, IS-, taajuusmuuttaja-, ja katkaisijakenttien lattia ja kattokokehikoiden perusrakenteen ja joitain lisäominaisuuksia.



Kuvio 10. Lattia- ja kattokehikko.

5.2.4 Työpiste 4, runkomoduulin asennus

4. Työpisteellä runkomoduulia ruvetaan kokoamaan nostimien päällä. Moduuli kootaan “selällään” asennuksen ja ergonomian helpottamiseksi. Tässä vaiheessa lattia- ja kattokehikoihin asennetaan kulmapalkit ja pystypalkit, jotka pitää valita oikein myöhempien asennusten vuoksi. Kokoojakiskojen tukieristimet voivat olla joko kojeiston ylä- tai alaosassa tai molemmissa, kuten myös nollakiskojen tukieristimet. Kuiluun asennetaan väliseinä ja pleksilevyt, joiden kautta kokoojakiskot voidaan liittää yhteen ja nähdä/lämpökuvata liitokset, sekä kaapelituet lähtökaapeleita varten. Kuilussa voi olla myös pystynollakisko, joka asennetaan tiettyyn korkeuteen. Nollakiskon liitoksessa täytyy huomioida kiskon materiaali, sillä jos kyseessä on alumiinikisko, liitos täytyy rasvata, sekä pultin koko/pituus. F-kentässä pystykiskot asennetaan tiettyyn korkeuteen tietyn suuntaisesti riippuen onko kaapelikuilu vasemmalla vai oikealla puolella. W- ja IS-kentässä kiskot tulevat automaattisesti oikein, koska ne tulevat muovisen kotelon sisään. Lisäksi asennetaan mahdollisia tukipalkkeja, kuiluun PE-kiskon pidikkeitä ja johtokourut. Kattolevyt valitaan kentän tyypin mukaan. Esimerkiksi isommissa taajuusmuuttajissa asennetaan tuuletuskatto. Myös kattoihin saattaa tulla läpivientejä sekä kui-

lun että kentän kohdalle. Kun kattolevyt, nostokorvat ja otsalistat on asennettu, nostetaan moduuli pystyyn ja viedään seuraavalle pisteelle.

W-kentän suurin ero on pystykiskot, jotka ovat L-muotoiset ja tulevat muovikotelon sisään. IS -kentässä taas pystykiskot ovat samanlaiset kuin W-kentässä, mutta muuten paljon erilaisia osia, väliseiniä kuilun seiniä ja tukipalkkia. Katkaisijakentässä takaseinä tehdään form-levyistä ja välissä osaluettelon mukainen pleksi, jonka läpi katkaisijan syöttö kokoojakiskoille tulee. Katkaisijakentässä tulee huomioida, että kaikkien kenttien väliin tulee seinä, ja kenttien ja kokoojakiskotilan väliin ei jää rakoa.

Ohjeessa on pyritty keskittymään myös pieniin eroavaisuuksiin, kuten tavallisesta poikkeaviin kiinnitysruuveihin tai tapoihin ja esimerkiksi isompien taajuusmuuttajakenttien kokoonpanon eroavaisuuksiin yleisemmistä pienistä taajuusmuuttajakentistä.



Kuvio 11. Runkomoduli.

5.2.5 Työpiste 5, runkomoduulien yhteen asennus ja kiskotus

5. Työpisteellä runkomoduulit yhdistetään ja asennetaan projektille tilatut kokoojakiskot. Kokoojakiskot tulee olla tarkasti oikeassa mitassa, että myöhemmin kuljetuspätkät voidaan yhdistää toisiinsa. Pystykiskot yhdistetään kokoojakiskoihin F-kentän tapauksessa kulmaliitospaloilla joiden pituus on tärkeä olla oikea riippuen pystykiskojen määrästä. Muuten pystykiskot voivat kiristäessä vääntyä huomaamatta mutkalle. Liitoksessa on tärkeää pudistaa liitospinnat ja alumiinikiskon tapauksessa kiskoliitos tulee rasvata liitosrasvalla. Ohjeessa on liitosesimerkeissä kerrottu pulttien koot ja kiristysmomentit.

Taulukko 14. Kiristysmomentit.

Pultin koko	Kiristysmomentti
M6	13Nm
M8	20Nm
M10	40Nm
M12	70Nm

Kiskoliitokseen tulee aina paineentasausprikka ja jousilaatta, siten liitos ei pääse löystymään. Mikäli kokoojakiskoja on neljä per vaihe, täytyy muistaa laittaa väliin kupari- tai alumiinipala, kiskomateriaalin mukaan etteivät kiskot taivu. W- ja IS -kentässä pystykiskojen muovikotelon takaosaan asennetaan kuparipalat jotka tulevat kokoojakiskoja vasten. Etupuolelle asennetaan vaaka- ja pysty- PE -kiskot. Vaaka- PE -kisko tulee etupuolelle alas ja kiinnitetään kenttien kohdalta ja pystypalkeista runkoon kiinni. Pysty- PE -kisko asennetaan kuiluun ruuvein ja liitetään kulmapalalla vaaka- PE -kiskoon ohjeessa merkittyyn momenttiin. Kuiluun voidaan asentaa myös pysty-nollakisko, joka liitetään samaan tapaan kuin F-kentän pystykiskot ja on tärkeää valita oikean mittainen kupariliitin, oikean mittainen pultti ja oikea momentti. Lopuksi asennetaan otsalistat, loput nostokorvat ja nostetaan rullien päälle. Kaapit tarkastetaan, valokuvataan ja lykätään viimeistelytiin puskuriin.

Pystykiskollisiin kenttiin voidaan asentaa myös niin sanotut lisäkiskot, jotka kiertävät kokoojakiskojen takaa ja liitetään päistä pystykiskoihin ja keskeltä kokoojakiskoihin. Tärkeää huomioitavaa ohjeessa on, että kiskot ovat oikein päin ja liitosten välissä käytetyt kuparipalat sekä pultit ovat oikean mittaisia, sillä näitä virheitä on vaikea huomata jälkeenpäin.

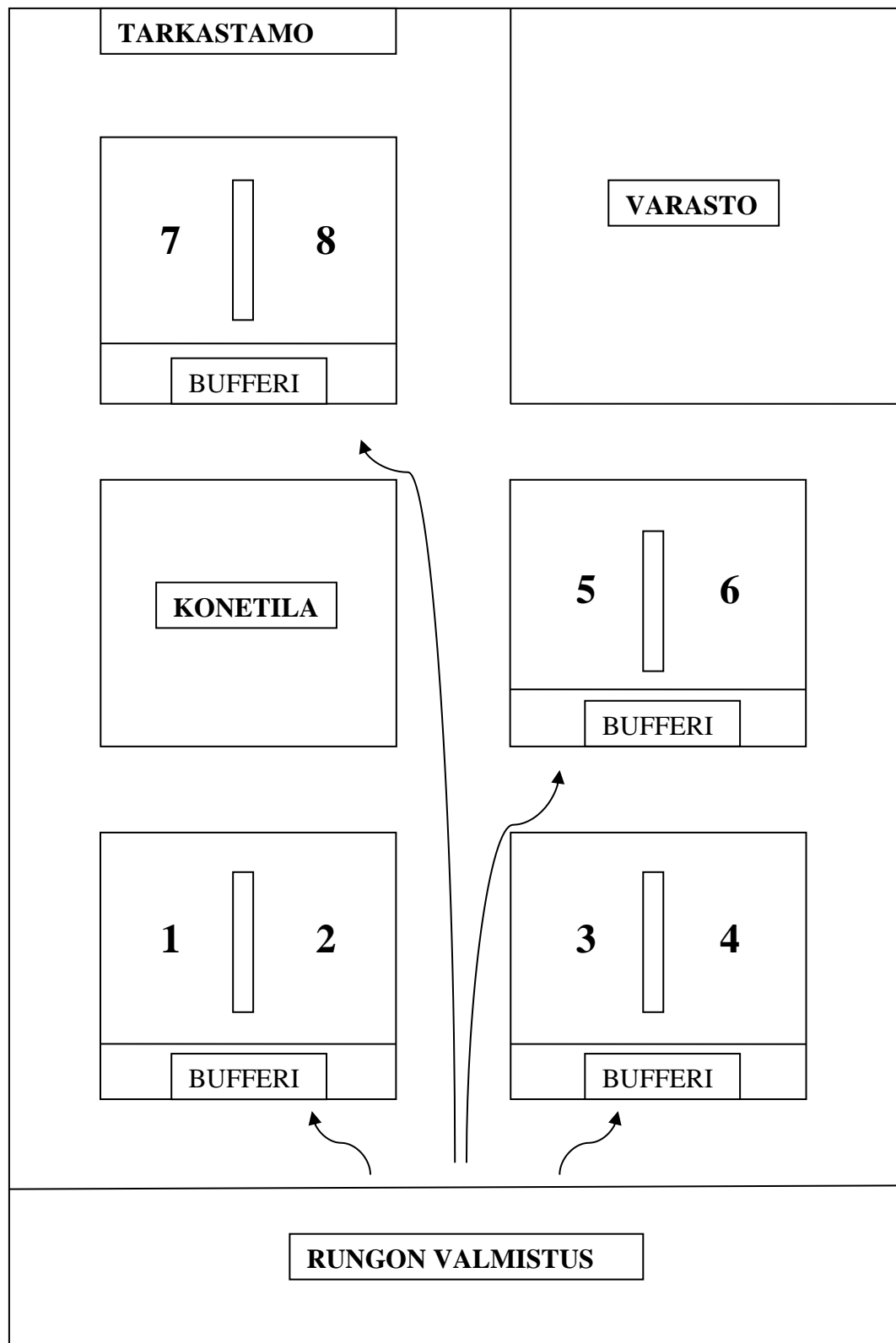
Kokoojakiskoja asennettaessa tulee aina tarkastaa että kiskojen ja johtavien rakenteiden väliin jää tarpeeksi suuri ilmarako ja jollei jää, niin kisko täytyy eristää pleksilevyllä.



Kuvio 12. Kokoojakiskot.

Kaikki työpisteen osat on pyritty sijoittamaan lähelle työpistettä hyllyihin. Myös ohjeet sijoitetaan työpisteelle työkalukärryyn työpisteen viereen.

Kuviossa 13 on esitetty karkeasti tehtaan layout, ja kuviossa 14 on rungon valmistuksen layout. Viiden työpisteen sijoittelu ja kokoonpanolinjat ovat hyvin toimivia nykyisellään.



Kuvio 13. Tehtaan layout.

6 NYKYTILANNE JA UUSI OHJEISTUS

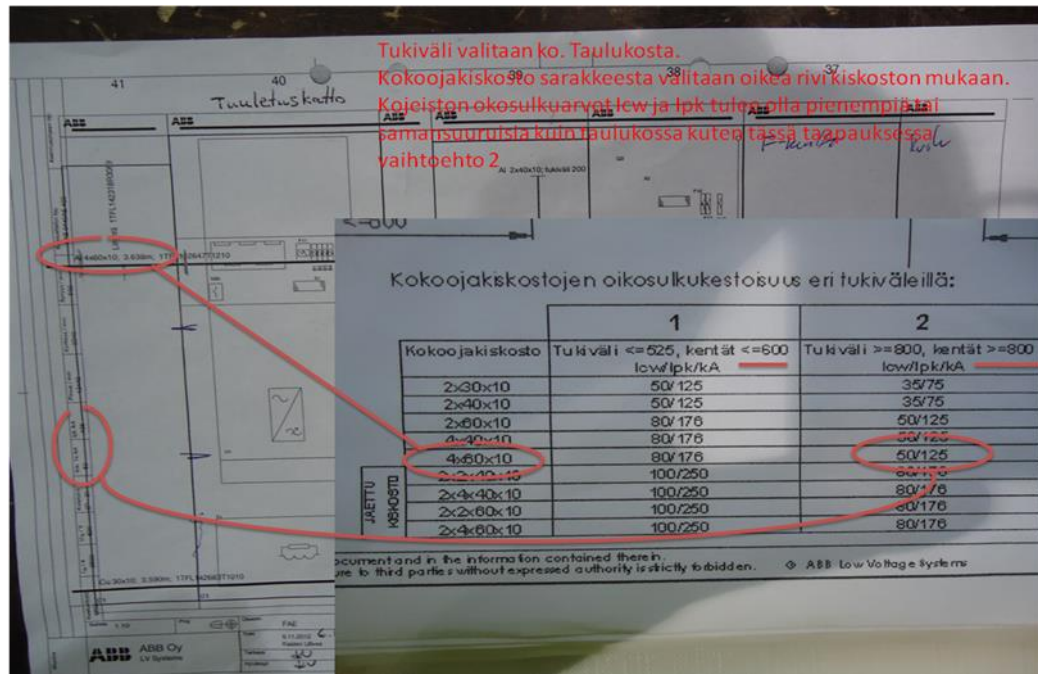
Varsinaisia työpistekohtaisia kokoonpano-ohjeita ei ole ollut ja muu asennusdokumentaatio oli liian vaikeaselkoista ja vaikea löytää. Rakennekuvia ja ohjeita oli useita mappeja, joista oli aikaa vievää löytää etsimäänsä. Niistä ei myöskään selvinnyt tarvittavat mitat ja kiinnitystavat. Myöskään kokoonpanon järjestystä ei seurattu systemaattisesti. Käytännössä muut työntekijät olivat paras ohje. Kokonaisuuden hahmottaminen nykyisistä ohjeista/rakennekuvista oli aivan mahdotonta. Uuteen ohjeistukseen tulee jokaiselle työpisteelle omat ohjeet. Kokoonpanossa on viisi työpistettä: tukieristimet, pystykiskot, lattiat ja katot, moduulit, kiskotus. Viiden työpisteen kokoonpanolinja on sinänsä jouheva nykyisellään.

Tyypillisiä ongelmia olivat väärin mittoihin asennetut osat ja yksinkertaisesti tiedon puute. Näin osia saattoi puuttua ja niitä piti jälkeinpäin asennella ja muuttaa. Yhden väärän palkin asennus saattaa johtaa aika pitkään purkutyöhön, mikäli sitä ei huomata ajoissa. Tietyn tyyppisiä runkoja saatetaan tehdä sen verran harvakseltaan, ja niistä saattaa olla monta variaatiota, ja siten mitat ja asennukset unohtuvat. Kun asentajien tietämys tuotteen kokoonpanosta kasvaa toistojen myötä, vähenee kokoonpano-ohjeiden merkitys. Kokoonpano tehdään ennalta tiedetyn suunnitelman mukaan, eikä kokoonpanon aikana tarvitse enää suunnitella, miten osat tulisi laittaa. Se parantaa työn hallintaa, yhtenäistää ja nopeuttaa kokoonpanoa. Ohjeiden avulla kokoonpanon aikana tuhlaantuva etsiminen ja moneen kertaan tekemiseen kuluva aika saadaan vähenemään.

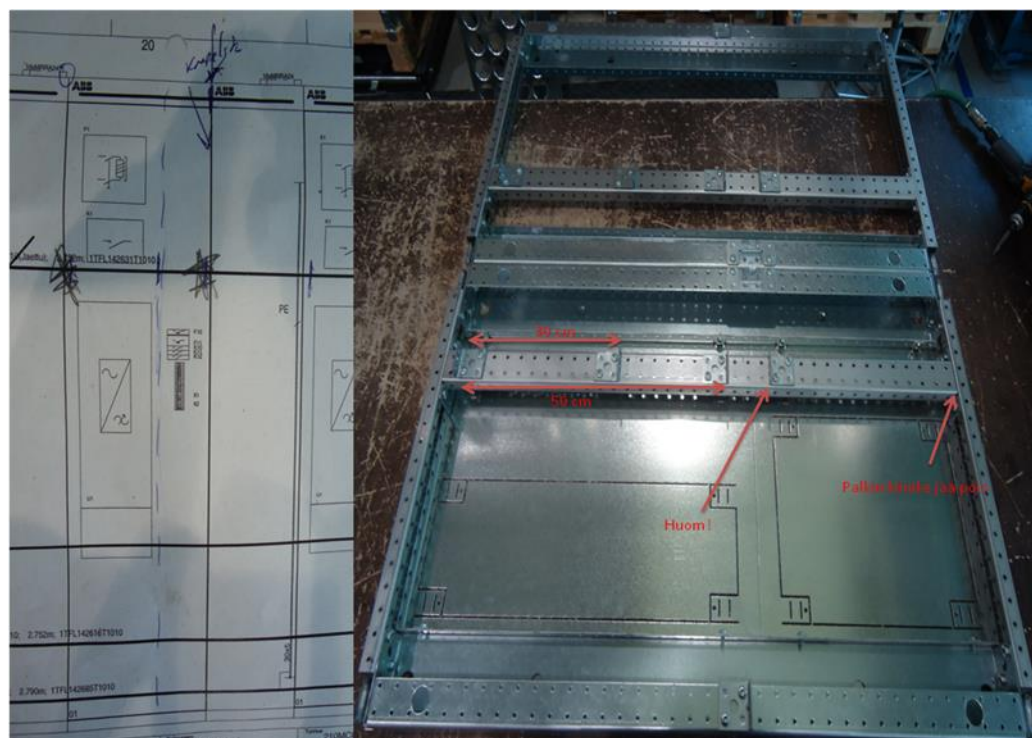
Tavoitteena oli tehdä kuvalliset ohjeet rungon kokoonpanoon paperiversiona. Ohjeet tehtiin viidelle eri työpisteelle:

- 1. työpiste, tukieristimet
- 2. työpiste, pystykiskot
- 3. työpiste, lattiat ja katot
- 4. työpiste, moduulit
- 5. työpiste, kiskotus.

Tein ohjeesta myös digitaalisen version Powerpoint muodossa, joten ohjetta on helppo päivittää jälkeenpäin.



Kuvio 15. Esimerkki ohjeesta — tukieristimien tukiväli.



Kuvio 16. Esimerkki ohjeesta — lattiat ja katot.

Otin kuvia työn ohessa noin neljäsataa eri työvaiheista ja kojeistoista. Näihin kuviin muokkasin kokoonpanovaiheita, mittoja ja muuta huomion arvoista asiaa. Totesin, että noin neljä kuvaa sivua kohden on vielä riittävän tarkka, ja näin saataisiin mahdollisimman paljon asiaa kuitenkin niin, että ohje ei paisu liian suureksi. Kokoonpano-ohjeessa on yleensä alussa ”naamakuva” valmistettavasta rungosta, josta voidaan päätellä mistä on kyse ja tietty määrä vaiheita, mihin tieto saadaan sisällytettyä. Kokoonpanossa töissä ollessani sain kuvan, mitkä ovat yleisimmät virheet ja mitkä asiat ovat usein epäselviä kokoonpanon kannalta.

Tavoitteeni oli tehdä pienjännitekojeiston rungon kokoonpano-ohjeesta mahdollisimman yksinkertainen, selkeä ja systemaattinen. Selattava paperiversio on käytännössä osoittautunut helppokäyttöiseksi. Kuvia koostaessa pyrin keskittymään ns. kriittisiin kohtiin, jottei ohjeesta tulisi liian pitkä ja pikkutarkka. Täten ohjeen hyödynnettävyyttä saatiin parannettua.

7 PROJEKTIN KULKU

Sain ABB Oy Low Voltage Systemsin kojeistotehtaalta opinnäytetyöaiheen, jonka tuli käsittää pienjännitekojeiston rungon ja kiskotusten kokoonpano-ohjeet. Lähtötilanne kartoitettiin ja aloituspalaveri pidettiin ABB:llä. Aluksi keskusteltiin pitäisikö kokoonpano-ohjeet olla paperimuodossa vai mahdollisesti tietokoneelta luettavat. Kuitenkin jokaiselle työpisteelle tulisi omat ohjeet, joten myös tietokone/kosketusnäyttö tulisi olla joka työpisteellä. Päädyttiin paperiversioon ja optiona sähköiset versiot. Tässä vaiheessa huomioitiin mahdollinen päivitystarve.

Alkutilanteessa varsinaisia kokoonpano-ohjeita ei ollut, vaan kokoonpano opeteltiin oppineiden ja kokeneiden työntekijöiden avulla. Rakennekuvia oli kyllä useampi kansio, mutta niistä haluamansa löytäminen oli hyvin vaikeaa ja aikaa vievää. Rakennekuvista ei myöskään ilmene tarvittavat mitat ja kiinnitystavat.

Opinnäytetyötä varten tehtiin projektisuunnitelma, joka on elänyt ja tarkentunut kirjoitustyön edetessä. ABB Oy Low Voltage Systemsin kojeistotehtaan tuotantopäällikkö ja työntekijä tekivät välillä suullisen arvion kuvallisesta kokoonpano-ohjeesta, jota kävin paikanpäällä näyttämässä. Resurssien puolesta aikaa työn tekemiseen on kulunut melkoisesti, koska teoriaosuuden näkökulmien painottuminen ja rajaaminen osoittautuivat haasteellisiksi. Yhtenä näkökulmana ovat säännöt, määräykset ja täten työturvallisuus sekä kokoonpanon prosessimaisuus. Kuvien järjestäminen ja käsittely loogiseen ja systemaattiseen järjestykseen vei melko paljon aikaa. Kuvallinen kokoonpano-ohje on tehty ABB Oy Low Voltage Systemsin sisäiseen käyttöön, joten sitä ei julkaista.

Työpisteet määriteltiin, kuten tähänkin asti olleet viisi työpistettä: Tukieristimet, pystykiskot, lattiat ja katot, moduulit, kiskotus. Kuvallisten ohjeiden todettiin olevan riittävän havainnolliset ja käytännölliset. Kysyin myös muilta tehtailta, millaisia ohjeita he käyttävät, mutta he eivät käytä ihan vastaavanlaisia. Kuvalliset ohjeet ovat kokemusten mukaan kuitenkin toimivat ja visuaaliset.

Saatuani aiheen ABB Oy:llä töissä ollessani, aloitin työni ohessa ottaa tarvittavia kuvia kokoonpano-ohjetta varten. Kun kuvia kertyi tarpeeksi, rupesin tekemään

kokoonpano-ohjetta, joka koostuu havainnollisista kuvista ja yleisistä ohjeista. Samalla kirjoitin myös kirjallista osiota. Lopuksi kokoonpano-ohje hyväksyttiin ABB Oy:n osalta ja vietiin tehtaalle.

8 YHTEENVETO

Tämä päättötyö tehtiin parantamaan laatua, nopeuttamaan ja selkeyttämään perehdytystä. Ohjeet myös vähentävät virheitä ja yhtenäistävät kokoonpanotyyliä. Ohjeet tulevat asentajien käyttöön, mutta pääasiassa uusien työntekijöiden perehdytykseen.

Työn haasteena oli kuvien paljous ja niiden saattaminen loogiseen järjestykseen, sekä tarpeellisten tietojen lisääminen kuviin. Ohjeen yleispätevyys vaati pohdintaa. Myös tarvittavien kuvien saaminen vei aikaa. Aikaisempi työhistoriani yrityksessä kuitenkin auttoi ohjeen tekemisessä. Haasteena oli se, että kokoonpano-ohjeesta ei ollut mitään vertailukohtaa, vaan ohje tuli toteuttaa oman työkokemuksen pohjalta. Valokuvat on todettu visuaalisesti havainnolliseksi. Mietin myös kannattaisiko ohjeeseen sisällyttää osaluetteloa. Se ei olisi kuitenkaan havainnollistanut tai nopeuttanut kokoonpanoprosessia. 3D-mallinnus voisi olla yksi kehitysmahdollisuus, vaikkakin aika työläs. Tähän voisi sisällyttää myös osaluettelot, jolloin siitä olisi apua varaston hallinnassa ja hinnoittelussa. Tänä päivänä selattavat kuvat koetaan helposti käsiteltäviksi ja ovat helposti saatavilla.

Vastaavaa lähdekirjallisuutta ei löytynyt. Prosessikirjallisuutta sain kirjastosta. Eri tekniikan alojen yleisiä kokoonpano-ohjeita käsitteleviä opinnäytetöitä selasin runsaasti netistä ja tietoa Tekesin sivuilta ja standardeista.

Työn tekstiosuuden rajaaminen ja olennaisen tiedon löytäminen standardeista oli haasteellista. Standardit olivat yksityiskohtaisia ja tarkkoja, mutta myös hyvin opettavaisia ja olennaisia työn kannalta.

Tässä vaiheessa haluan kiittää ABB Low Voltage Systemsin kojeistotehtaan tuotantopäällikköä, työntekijöitä ja lehtori Timo Männistöä saamastani ohjauksesta ja avusta kokonaisuuden hahmottamisessa.

LÄHTEET

- /1/ ABB. Diaesitys. MNS 5 essentials of low voltage switchgear solutions. Viitattu 22.02.2014.
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/e963c20e3819403bc1257af7002b7934/\\$file/ABB-565-WPO_5%20essentials%20of%20low%20voltage%20switchgear%20solutions_web%20compressed.pptx](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/e963c20e3819403bc1257af7002b7934/$file/ABB-565-WPO_5%20essentials%20of%20low%20voltage%20switchgear%20solutions_web%20compressed.pptx)
- /2/ ABB Suomessa. Viitattu 17.02.2014. <http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>
- /3/ ABB Suomessa. Tuotteet ja palvelut. Viitattu 17.02. 2014
<http://www.abb.fi/product/seitp329/1f805d031d8747fcc1257ac50046ac6c.aspx?productLanguage=fi&country=FI>
- /4/ ABB. Esite. MNS – modulaarinen pienjännitekojeistojärjestelmä ratkaisu sähköjakaaluun teollisuudessa, voimalaitoksissa ja marine-sovelluksissa. Viitattu 22.02.2014.
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/04c0cc9633c5e151c1257aaa003a2d26/\\$file/MNS%20FI%201TFC902032N1801%20lowres_03102012.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/04c0cc9633c5e151c1257aaa003a2d26/$file/MNS%20FI%201TFC902032N1801%20lowres_03102012.pdf)
- /5/ ABB MNS 3.0
<http://www.abb.fi/product/seitp329/1f805d031d8747fcc1257ac50046ac6c.aspx?productLanguage=fi&country=FI&tabKey=2>
- /6/ Hannus, J. 1993. Prosessijohtaminen, Ydinprosessien uudistaminen ja yrityksen suorituskyky. Toinen uudistettu painos. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy
- /7/ http://www.teknologiainfo.net/content/kirjat/pdf-tiedostot/Laatu/Tyontutkimuksen_kasitteita_ebook.pdf
- /8/ Kouri, I. 2010. Lean taskukirja. Teknologiateollisuus ry
- /9/ KTMp 17.12.1999/1193. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteiden turvallisuudesta. Tukesin säädöstietopalvelu. Viitattu 7.3.2015.
<http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/19991193>
- /10/ KTMp 5.7.1996/516. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä. Tukesin säädöstietopalvelu. Viitattu 7.3.2015.
<http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/19960516>
- /11/ KTMp 30.12.1993/1694. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteiden turvallisuudesta. Tukesin säädöstietopalvelu. Viitattu 7.3.2015.
<http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/19931694>

- /12/ L 14.6.1996/410. Sähköturvallisuuslaki. Säädös säädöstietopankki
Finlexin sivuilla. Viitattu 7.3.2015.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960410>
- /13/ Nurmi, T. 1-2/2011 Jakokeskusstandardit uudelle tuhatluvulle. Säh-
köala, s 32
- /14/ SFS-EN 60439-1 + A1, Jakokeskukset. Osa 1: Tyyppitestattujen ja
osittain tyyppitestattujen keskusten vaatimukset. SUOMEN STANDARDISOI-
MISLIITTO SFS, 2005
- /15/ SFS-EN 60529, Sähkölaitteiden kotelointiluokat. SUOMEN
STANDARDISOIMISLIITTO SFS, 1992
- /16/ Tekes. 2001. Keskiraskas ja raskas kokoonpanotoiminta 1998-2000.
Teknologiaohjelmaraaportti 2/2001. Loppuraportti
- /17/ Tuottavuus- ja tuloksellisuustyö. Työturvallisuuskeskus. tkk. Hel-
sinki. Viitattu 15.03.2014.
http://www.tuottavuustyoy.fi/menestyva_tyopaikka/hyva_laatu/5_s_-_laatuja_rjestelma

